



fotos: Direção Bapa



Aplicação de Fósforo no Sistema Plantio Direto

Aplicação de fósforo no

1999

FL-13506



44117-1

imbrapa
Trigo

Boletim de Pesquisa
Número 2

ISSN 1516-3830
Dezembro, 1999

***Aplicação de Fósforo no Sistema
Plantio Direto***

Delmar Pöttker

Embrapa

Trigo

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à:

Embrapa Trigo

Rodovia BR 285, km 174

Telefone: (54)311-3444

Fax: (54)311-3617

Caixa Postal 451

99001-970 Passo Fundo, RS

e-mail: biblioteca@cnpt.embrapa.br

Tiragem: 1.000 exemplares

Comitê de Publicações

Rainoldo Alberto Kochhann - Presidente

Amarilis Labes Barcellos

Dirceu Neri Gassen

Erivelton Scherer Roman

Geraldino Peruzzo

Irineu Lorini

Tratamento Editorial: *Fátima Maria De Marchi*

Capa: *Liciane Toazza Duda Bonatto*

Referências Bibliográficas: *Maria Regina Martins*

PÖTTKER, D. Aplicação de fósforo no sistema plantio direto. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 32p. (Embrapa Trigo. Boletim de Pesquisa, 2).

Plantio direto; Fósforo.

CDD: 631.51

Apresentação

Todo o conhecimento atualmente disponível, no Brasil, em correção e adubação de solos para o cultivo em regiões tradicionais de produção de trigo, de soja, de milho e de aveia foi adquirido sobre sistemas convencionais de preparo e plantio. O crescimento do uso do sistema plantio direto na palha trouxe questionamentos quanto aos procedimentos de adubação e correção de solos sobre essas condições de exploração.

A vertiginosa expansão do uso do sistema plantio direto e seus impactos positivos, principalmente na interrupção do processo erosivo causado pela chuva, permitiu visualizar que mudanças significativas adviriam também na dependência de reposição de fósforo na forma de adubação de manutenção. Este trabalho tem por objetivo justamente fazer essa avaliação. Na parte de conclusões, os senhores técnicos, produtores e leitores encontrarão sugestões que deverão contribuir para que desenvolvam seus projetos de produção, de planejamento e de assistência técnica com mais segurança e racionalidade.

Considerando o cumprimento de sua missão, que é “viabilizar soluções tecnológicas para a sustentabilidade do agronegócio de trigo e de outros cereais de inverno, em benefício da sociedade”, a Embrapa Trigo sente-se honrada em dispor ao seu público mais um trabalho técnico-científico com respostas às questões emanadas da percepção das necessidades dos usuários das tecnologias que suportam o desenvolvimento do país.

*Benami Bacaltchuk
Chefe-geral da Embrapa Trigo*

Sumário

<i>Aplicação de fósforo no sistema plantio direto</i>	<i>7</i>
<i>Resumo</i>	<i>7</i>
<i>Abstract</i>	<i>8</i>
<i>Introdução</i>	<i>9</i>
<i>Material e Métodos</i>	<i>13</i>
<i>Resultados e Discussão</i>	<i>18</i>
<i>Conclusões</i>	<i>26</i>
<i>Referências Bibliográficas</i>	<i>27</i>
<i>Equipe Técnica Multidisciplinar da Embrapa Trigo ...</i>	<i>31</i>

Aplicação de Fósforo no Sistema Plantio Direto¹

Delmar Pöttker²

Resumo

Com o advento e adoção do sistema plantio direto (SPD), surgiram questionamentos quanto à validade do uso das recomendações técnicas de fertilizantes, especialmente de fósforo (P), pois estas haviam sido elaboradas com base em resultados obtidos no sistema convencional de preparo de solo (aração + gradagens).

Para estudar modos de aplicação de fertilizantes fosfatados no SPD e para verificar a resposta das culturas de trigo e de soja a fósforo, e, então, decidir se as recomendações elaboradas por ocasião do uso do sistema convencional de preparo de solo se adaptam ao SPD, foram executados alguns experimentos na região de Passo Fundo.

Os resultados mostraram que a adubação fosfatada pode ser reduzida ou dispensada em solos com alto teor de fósforo.

¹ Trabalho apresentado, em parte, no XXVI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo - Rio de Janeiro, julho de 1997.

² Pesquisador da Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Trigo. Caixa Postal 451, 99001-970 Passo Fundo, RS. e-mail: delmar@cnpt.embrapa.br.

Em solo com teor médio de P, verificou-se que a aplicação de fósforo nas linhas de semeadura foi mais eficiente do que a aplicação a lanço, para as culturas de trigo e de milho. Aveia e soja não mostraram diferenças nos rendimentos de grãos devidas aos diferentes modos de aplicação de P.

A resposta das culturas de soja e de trigo a fósforo, em solo de baixo teor de P, revelou que as doses mais econômicas para uso de fertilizante fosfatado no SPD são semelhantes às atualmente recomendadas. Daí se conclui não haver necessidade de estabelecer novas tabelas de recomendação de fertilizantes fosfatados, para o SPD, salvo eventuais exceções.

Abstract

With the adoption of the no-tillage system questions arised about the use of the recommended rates of phosphates because they had been obtained under the conventional system (plowing + disking).

To study methods of phosphorus application and to evaluate the response of wheat and soybean to rates of this nutrient, and, then, decide if the recommended rates of phosphorus can also be used for the no-tillage system, experiments were carried out in the region of Passo Fundo.

The results showed that fertilization with phosphorus can be reduced or exempted when soils present high P availability. In a soil with medium level of P, it was verified that the application of phosphorus in the same row as seeds yielded

better than broadcasted phosphorus, for both wheat and corn. Oats and soybean did not show differences in crop yields for the different methods of phosphorus application.

The response of wheat and soybean to phosphorus rates revealed that the calculated economic rates are similar to those presently recommended. Therefore, there is no need to establish new fertilizer recommendation tables, unless for eventual exceptions.

Introdução

Diversos trabalhos foram realizados para avaliar métodos de aplicação de fósforo (P) no sistema convencional de preparo de solo (aração + gradagens). Entre estes, podem ser citados os trabalhos de Leikam et al. (1983) e de McConell et al. (1986), que concluíram que a aplicação de P em faixas ou junto às sementes foi superior à aplicação de P a lanço quanto ao rendimento de grãos de trigo. Siqueira et al. (1984) avaliaram a resposta de trigo a P aplicado nas linhas de semeadura e ao aplicado a lanço e incorporado ao solo. Em um local (Latossolo Roxo, distrófico, solo Erechim) a adubação fosfatada aplicada a lanço foi mais eficiente que aquela feita nas linhas de semeadura, mas esses autores consideraram os resultados como conflitantes em relação às informações existentes na época. Em outro local não foi encontrada resposta a P (Latossolo Vermelho-Escuro, distrófico, solo Passo Fundo). Trabalhos

realizados posteriormente (Siqueira et al., 1986), em três locais, evidenciaram a inexistência de diferenças entre os métodos de aplicação de fósforo. Model & Anghinoni (1992) não encontraram diferenças entre os métodos de aplicação de adubo fosfatado e potássico (em linha, em faixas e a lanço), em relação à produtividade de milho, quando este foi cultivado em área com $2,5 \text{ mg dm}^{-3}$ de P e com diferentes preparos de solo (convencional, cultivo em faixas e plantio direto). Ocorreu, porém, maior produtividade de milho no plantio direto, em relação ao preparo convencional de solo.

No Rio Grande do Sul e em Santa Catarina recomenda-se aos agricultores (Sociedade..., 1995), antes de adotar o sistema de cultivo mínimo ou o plantio direto, aplicar os fertilizantes fosfatados e potássicos a lanço, fazendo a incorporação na camada arável para elevar os teores até o nível crítico. As aplicações posteriores podem então ser feitas nas linhas de semeadura ou na superfície do solo. No entanto, essas recomendações nem sempre são seguidas, provocando então questionamentos sobre o melhor método para aplicação de fertilizante fosfatado, pois a eficiência de métodos de aplicação de P pode variar de acordo com a disponibilidade de P no solo.

O sistema plantio direto (SPD) oferece uma dificuldade não presente no sistema convencional de preparo de solo, que é o fato de não ser possível incorporar os fertilizantes aplicados a lanço. A eficiência da aplicação de fertilizantes na superfície dos solos, sem incorporação, deve, pois, ser avaliada

relativamente a outros métodos. Eckert & Johnson (1985) encontraram que o P aplicado nas linhas de plantio foi mais eficiente do que o P aplicado a lanço quanto ao rendimento de grãos de milho. Por outro lado, Halvorson & Havlin (1992) relataram que a aplicação de P a lanço, sem incorporação, no SPD, aumentou o rendimento de grãos de trigo em um solo com média disponibilidade de P. Esses mesmos autores constataram que quando o P aplicado foi suficiente para corrigir a deficiência de P em trigo o método de aplicação teve pouco efeito sobre o rendimento de grãos. Stecker et al. (1988) estudaram a resposta de trigo a métodos de aplicação de P, na presença e ausência de resíduos culturais e em dois níveis de P (8,4 e 16,8 kg ha⁻¹). Concluíram que, na presença de resíduo cultural, a aplicação de P a lanço foi superior à aplicação de P junto às sementes de trigo, no nível baixo de P (8,4 kg ha⁻¹). No nível alto de P, porém, a colocação do P junto às sementes produziu o maior rendimento de grãos entre todos os tratamentos.

Sob o sistema convencional de preparo de solo vários trabalhos foram conduzidos para avaliar a resposta das culturas a fósforo e para calibrar o método de estimativa da disponibilidade de P no solo Carolina do Norte. Assim, Winkler & Sfredo (1979) estudaram a resposta de trigo a fósforo incorporado ao solo, na presença e na ausência de calcário. Os cálculos para determinar as doses que proporcionaram as máximas eficiências econômicas mostraram que estas variaram em função da produtividade observada e da resposta de trigo

ao fósforo aplicado. Os valores para a máxima eficiência econômica variaram de 106 a 201 kg ha⁻¹ no solo Brunizem e de 162 a 258 kg ha⁻¹ no Latossolo Roxo distrófico, muito superiores aos atualmente recomendados (Sociedade..., 1995). Por outro lado, aplicações de fósforo nas linhas de semeadura permitem o uso de menores quantidades de adubo, conforme se infere do trabalho de Muzilli et al. (1979), com trigo. Quanto a soja, Cordeiro et al. (1979) estudaram a resposta da cultura a doses e fontes de fósforo, em que esse elemento foi incorporado ao solo e concluíram que para uma relação de preços (quilograma do fertilizante/quilograma de grãos) igual a 4,5 a dose de maior eficiência econômica seria de 99 kg ha⁻¹ de P₂O₅, na forma de superfosfato triplo, e para uma relação igual a 4,0 essa dose seria de 142 kg ha⁻¹ de P₂O₅.

Recentemente, Lantmann et al. (1996) estudaram a adubação fosfatada e potássica na sucessão soja-trigo, em Latossolo Roxo distrófico, sob semeadura direta, usando aplicação localizada dos fertilizantes (nas linhas de semeadura) e doses de fósforo de 50 a 110 kg ha⁻¹. Concluíram que a concentração de P no solo, para a sucessão soja-trigo, deve ser mantida em, no mínimo, 9,0 mg dm⁻³, em virtude da exigência da cultura de trigo. Por causa dessa recomendação, as adubações com fósforo para o cultivo de soja em sucessão ao trigo poderão ser dispensadas, considerando-se que o nível crítico de P no solo para soja, 6,0 mg dm⁻³, é menor do que o nível exigido para trigo.

Por outro lado, são freqüentes os questionamentos sobre o uso das recomendações de adubos fosfatados no sistema

plantio direto, pois estas foram elaboradas com base em experimentos conduzidos no sistema convencional de preparo de solo. As respostas das culturas a fósforo no SPD são semelhantes às observadas no sistema convencional, exigindo apenas pequenos ajustes nas recomendações, ou são muito diferentes? Nesse sentido, objetivou-se avaliar a eficiência de diferentes métodos de aplicação de fósforo às culturas de trigo, de soja, de aveia e de milho e estudar a resposta das culturas de trigo e de soja a fósforo, todos em plantio direto.

Material e Métodos

Para avaliar métodos de aplicação de fósforo duas áreas foram selecionadas em função do teor de P no solo: uma com teor de P classificado como alto (13,5 mg P dm⁻³, Latossolo Vermelho-Escuro, distrófico, unidade de mapeamento Passo Fundo) e outra com teor de P classificado como médio (4,3 mg P dm⁻³, Latossolo Roxo, distrófico, unidade de mapeamento Erechim), segundo Sociedade... (1995). A primeira vinha sendo cultivada no sistema plantio direto (SPD) há alguns anos, enquanto a segunda tinha tido apenas um cultivo de soja no SPD, estando sob pastagem natural antes do início desse trabalho. A Tabela 1 apresenta as principais características dos solos usados nos experimentos, determinadas segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1995), em amostras de solos coletadas na profundidade de 20 cm.

Tabela 1. Principais características dos solos usados para os experimentos de métodos de aplicação de fósforo, amostrados na profundidade de 0-20 cm

<i>Local</i>	<i>Argila</i>	<i>M.O.</i>	<i>pH em água</i>	<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Al</i>	<i>Ca</i>	<i>Mg</i>
	----- <i>g kg⁻¹</i> -----			--- <i>mg dm⁻³</i> ---		--- <i>mmol_c dm⁻³</i> ---		
<i>Passo Fundo</i>	450	32	5,5	13,5	60	3,3	56,3	30,5
<i>Marau</i>	630	42	4,9	4,3	74	4,7	36,8	32,1

Os experimentos foram executados no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições e seis tratamentos: 1) testemunha (sem fósforo); 2) fósforo aplicado nas linhas de semeadura de todas as culturas; 3) fósforo aplicado a lanço em todas as culturas, sem incorporação; 4) fósforo aplicado nas linhas de semeadura, nas culturas de inverno, e a lanço, nas culturas de verão, sem incorporação; 5) fósforo aplicado a lanço, nas culturas de inverno, sem incorporação e nas linhas de semeadura, nas culturas de verão; e 6) fósforo aplicado a lanço nas culturas de trigo, de soja e de aveia branca, sem incorporação, e aplicado nas linhas de semeadura de milho. Nitrogênio (N) e potássio foram sempre aplicados nas linhas de semeadura, sendo o N também aplicado em cobertura, nas gramíneas. A Tabela 2 apresenta as quantidades de fertilizantes usadas nos diversos cultivos, nos dois locais.

Todas as operações de campo foram efetuadas com máquinas, exceto as adubações de cobertura com N. Na condução dos experimentos foram observadas as recomendações técnicas para cada cultura quanto aos aspectos de controle de plantas daninhas, de pragas e de doenças. Os dados de rendimento de grãos foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas, pelo teste de Duncan, ao nível de 5 % de probabilidade.

Para estudar a resposta de soja e de trigo a fósforo uma área foi selecionada com base no teor de fósforo (2,3 mg dm⁻³), em Latossolo Roxo distrófico (unidade de mapeamento Erechim), a qual teve apenas um cultivo de soja antes do início

do experimento. O solo, com baixa disponibilidade de P, recebeu 9,0 t ha⁻¹ de calcário, em abril de 1994. Para criar diferentes níveis de P no solo, cinco doses de P₂O₅ (0, 40, 80, 160 e 320 kg ha⁻¹), na forma de superfosfato triplo, foram espalhadas a lanço na superfície do solo e posteriormente incorporadas ao solo. A seguir fez-se o plantio de aveia branca (*Avena sativa* L.), para cobertura de solo, que foi dessecada para o plantio de soja. Esta foi fertilizada com quatro doses de fósforo (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹), nas linhas de semeadura, em cada nível de fósforo criado no solo. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, no esquema de parcelas divididas, com três repetições. Os tratamentos foram formados pelas doses de fósforo incorporadas ao solo no inverno, e os subtratamentos foram constituídos pelas doses de fósforo aplicadas nas linhas de semeadura de soja. O trigo foi plantado em sucessão à soja, tendo também recebido quatro doses de fósforo nas linhas de semeadura (0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹), de forma cumulativa, isto é, as parcelas que receberam, por exemplo, 60 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na cultura de soja também receberam a mesma dose na cultura de trigo. Para avaliação dos rendimentos, foram colhidas as linhas centrais de soja e de trigo, ajustando-se o peso para teor de umidade de 13 %, e, no caso de trigo, também para peso hectolítrico de 78. Os dados foram submetidos à análise de variância, a teste de médias (Duncan, 5 %) e a regressões.

Tabela 2. Espécies cultivadas e doses dos nutrientes aplicados nos experimentos de métodos de aplicação de fósforo, no período 1994 a 1997

Ano	Local	Cultura	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
-----kg ha ⁻¹ -----					
1994	Passo Fundo	Trigo	30 + 60 ¹	30	40
	Marau	Trigo	15 + 45	70	40
1994/95	Passo Fundo	Soja	zero	60	90
	Marau	Soja	zero	60	90
1995	Passo Fundo	Aveia Branca	10 + 20	30	60
	Marau	Aveia Branca	10 + 20	30	60
1995/96	Passo Fundo	Milho	20 + 90	20	40
	Marau	Milho	20 + 90	30	40
1996	Passo Fundo	Aveia Preta	zero	zero	zero
	Marau	Aveia Preta	zero	zero	zero
1996/97	Passo Fundo	Milho	30 + 120	70	80
	Marau	Milho	30 + 120	70	80

¹ N aplicado no plantio + o aplicado em cobertura.

Resultados e Discussão

Os resultados de rendimento de grãos obtidos com as culturas de trigo, de soja, de aveia e de milho, em solo com alto teor de P, são apresentados na Tabela 3. Em nenhum dos cinco cultivos foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os rendimentos obtidos com os tratamentos. O trigo apresentou baixos rendimentos de grãos em virtude de prolongadas chuvas que ocorreram no período anterior à colheita.

Os dados sugerem que, em solos com teor elevado de P na camada de 0 a 20 cm de profundidade, havendo insuficiência de recursos financeiros, pode-se cultivar o solo sem a aplicação de P, por certo tempo, não ocorrendo com isso perdas no rendimento das culturas. Embora a recomendação de P, para essa situação (Sociedade..., 1995), seja a de usar uma quantidade igual ou inferior à removida pelos grãos das culturas, alguns produtores ainda usam quantidades superiores às recomendadas, sem o devido retorno econômico.

Os resultados obtidos no solo com teor médio de P (Tabela 4) revelaram que, na cultura de trigo, tanto a aplicação em linha como a aplicação do fósforo a lanço em todos os cultivos causaram acréscimos no rendimento de grãos, salientando-se que a aplicação em linha foi mais eficiente.

Tabela 3. Rendimentos de grãos das culturas de trigo, de soja, de aveia branca e de milho em resposta a diferentes métodos de aplicação de fósforo, em Passo Fundo, RS

Tratamento	Rendimento de grãos				
	Trigo	Soja	Av. Br.	Milho	
	1994	1994/95	1995	1995/96	1996/97
	----- kg ha ⁻¹ -----				
1. Sem fósforo	1.536	2.684	2.124	5.260	8.319
2. Fósforo em linha em todos os cultivos	1.517	2.793	2.153	5.734	7.763
3. Fósforo a lanço em todos os cultivos	1.463	2.660	2.182	5.381	8.504
4. Fósforo em linha no inverno e a lanço no verão	1.462	2.598	2.110	5.310	8.239
5. Fósforo a lanço no inverno e em linha no verão	1.422	2.813	2.181	5.684	7.853
6. Fósforo a lanço em trigo, em soja e em aveia e na linha em milho	1.512	2.722	2.116	5.528	7.980
F	0,54 ns	2,81 ns	0,26 ns	1,30 ns	2,20 ns
C.V. (%)	7,89	3,58	5,95	6,32	4,82

Tabela 4. Rendimentos de grãos das culturas de trigo, de soja e de aveia branca e de matéria seca de milho em resposta a diferentes métodos de aplicação de fósforo, em Marau, RS

Tratamento	Rendimento de grãos			Matéria Seca	
	Trigo	Soja	Av. Br.	Milho	
	----- kg ha ⁻¹ -----				
1. Sem fósforo	861 c	2.036 b	1.140 b	3.694 d	
2. Fósforo em linha em todos os cultivos	1.977 a	2.808 a	2.008 a	8.393 ab	
3. Fósforo a lanço em todos os cultivos	1.642 b	2.945 a	2.021 a	7.474 c	
4. Fósforo em linha no inverno e a lanço no verão	2.023 a	2.809 a	2.173 a	7.650 bc	
5. Fósforo a lanço no inverno e em linha no verão	1.685 b	2.797 a	2.030 a	8.357 ab	
6. Fósforo a lanço em trigo, em soja e em aveia e na linha em milho	1.681 b	2.844 a	2.116 a	8.568 a	
F	26,38**	9,88**	19,43**	38,61**	
C.V. (%)	9,88	7,82	9,12	8,08	

** Nível de significância de 1 %.

Em termos médios, a aplicação na linha ocasionou acréscimo de 132 % no rendimento de grãos de trigo, enquanto a aplicação a lanço causou acréscimo de 94 %, em relação ao tratamento sem fósforo. Resultados semelhantes foram relatados por Leikam et al. (1983) e Westfall et al. (1987), para solos com baixo teor de P, no primeiro ano de aplicação do fertilizante. Stecker et al. (1988) também encontraram que o trigo apresentou maior rendimento de grãos quando o fertilizante foi colocado junto às sementes, comparado com a aplicação a lanço. Para soja e para aveia branca houve resposta a P (Tabela 4), não ocorrendo, porém, diferenças significativas entre os métodos de aplicação. Essas culturas parecem possuir maior habilidade do que a de trigo no aproveitamento do P aplicado a lanço, além de serem conhecidas como eficientes no aproveitamento do P colocado na cultura anterior. É possível que no SPD, pela presença de maior teor de umidade logo abaixo dos resíduos vegetais, haja maior facilidade para a difusão de P e melhor aproveitamento do P aplicado a lanço e não incorporado ao solo. Os dois cultivos de milho, efetuados em Marau, foram perdidos devido a prolongados períodos sem chuva, ocorridos nos anos agrícolas 1995/96 e 1996/97. Neste último, no entanto, determinou-se a matéria seca produzida nos vários tratamentos. Pode-se notar (Tabela 4) que os tratamentos com aplicação de P a lanço apresentaram menor produção de matéria seca do que os tratamentos com P nas linhas de semeadura, o que leva a supor que também

teriam menores rendimentos de grãos, confirmando resultados obtidos por Eckert & Johnson (1985).

Para definir o método de aplicação de P para solos no SPD é importante, pois, considerar o teor de P disponível no solo e as diferenças entre as espécies quanto à capacidade de aproveitamento do P nativo, residual e de aplicação recente.

Os resultados obtidos com as culturas de soja e de trigo no estudo de avaliação da resposta a fósforo constam na Tabela 5. Considerando-se as médias dos níveis de fósforo aplicados nas linhas de semeadura, verifica-se que somente houve resposta da cultura de soja até o tratamento com 80 kg ha⁻¹ de P₂O₅ incorporados ao solo. Quanto aos níveis de fósforo aplicados nas linhas de semeadura, estes somente aumentaram o rendimento de grãos nos níveis 0 (zero) e 40 kg ha⁻¹ de P₂O₅ incorporados ao solo. Nesses tratamentos, a resposta da cultura de soja foi linear ($Y = 2067,50 + 9,24 P$, para o nível zero de fósforo incorporado, e $Y = 2395,26 + 9,86 P$, para o nível de 40 kg ha⁻¹ de fósforo incorporado ao solo).

Observa-se que, para cada quilograma de P₂O₅ aplicado nas linhas de semeadura, o ganho foi em torno de 9 kg de grãos de soja. Os resultados deixam clara a baixa resposta de soja a fósforo, mesmo em solos com teor baixo de P (2,3 mg dm⁻³), provavelmente devido à aplicação anterior de calcário, pois é conhecida a relação de substituição entre calcário e fósforo (Vidor & Freire, 1972).

Tabela 5. Efeito da aplicação de doses de fósforo sobre o rendimento de grãos de soja e de trigo, em plantio direto. Marau, 1994/95 e 1995

Dose de P_2O_5 aplicada a lanço e incorporada ao solo	Dose de P_2O_5 aplicada nas linhas de semeadura de soja e de trigo	Rendimento de grãos	
		Soja	Trigo
----- kg ha ⁻¹ -----			
0	0	1.950 ^{1c}	1.376 c
	30	2.462 b	2.217 b
	60	2.740 ab	2.526 ab
	90	2.781 a	2.672 a
	Média	2.483 C	2.198 D
40	0	2.244 b	1.432 b
	30	2.892 a	2.298 a
	60	3.039 a	2.758 a
	90	3.182 a	2.565 a
	Média	2.839 B	2.263 CD
80	0	3.030 a	1.800 b
	30	3.244 a	2.348 a
	60	3.207 a	2.743 a
	90	3.199 a	2.631 a
	Média	3.170 A	2.380 BC

Continuação Tabela 5

Dose de P_2O_5 aplicada a lanço e incorporada ao solo	Dose de P_2O_5 aplicada nas linhas de semeadura de soja e de trigo	Rendimento de grãos	
		Soja	Trigo
----- kg ha ⁻¹ -----			
160	0	3.144 a	1.858 b
	30	3.242 a	2.552 a
	60	3.076 a	2.719 a
	90	3.103 a	2.601 a
	Média	3.141 A	2.432 B
320	0	3.243 ab	2.473 c
	30	3.123 b	2.747 b
	60	3.452 a	2.962 ab
	90	3.210 ab	3.017 a
	Média	3.257 A	2.800 A

¹ Médias seguidas pela mesma letra, minúscula ou maiúscula, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Duncan, a 5 % de probabilidade. Letras minúsculas comparam médias dentro de cada nível de P_2O_5 aplicado a lanço e incorporado.

SOJA F: Doses a lanço: 23,07 **
Doses em linha: 13,09 **

CV: Doses a lanço: 7,71 %
Doses em linha: 6,39 %

Doses a lanço x Doses em linha: 4,00 **

TRIGO F: Doses a lanço: 16,06 **
Doses em linha: 70,64 **

CV: Doses a lanço: 6,71 %
Doses em linha: 8,39 %

Doses a lanço x Doses em linha: 1,87 NS

O trigo apresentou resposta às doses de fósforo aplicadas nas linhas de semeadura em todas as doses de fósforo incorporadas ao solo, antes do cultivo de aveia preta. Entre estas, os rendimentos foram crescentes até o tratamento com 320 kg ha⁻¹ de fósforo. Na média das doses incorporadas ao solo, houve resposta de trigo às doses aplicadas nas linhas de semeadura até 60 kg ha⁻¹. Equações de regressão foram ajustadas relacionando-se as doses de fósforo aplicadas nas linhas de semeadura com o rendimento de grãos de trigo, dentro de cada dose de fósforo incorporada ao solo no inverno anterior. As seguintes equações foram obtidas:

Dose de fósforo

<i>incorporada</i>	<i>Equação</i>	<i>R²</i>
<i>0 (zero)</i>	$Y = 1394,23 + 31,37 P - 0,1931 P^2$	<i>0,90</i>
<i>40</i>	$Y = 1419,40 + 39,35 P - 0,2942 P^2$	<i>0,76</i>
<i>80</i>	$Y = 1782,62 + 26,13 P - 0,1834 P^2$	<i>0,76</i>
<i>160</i>	$Y = 1869,77 + 28,28 P - 0,2255 P^2$	<i>0,60</i>
<i>320</i>	$Y = 2522,90 + 6,15 P$	<i>0,74</i>

Com base nas equações quadráticas, determinou-se que o máximo rendimento de trigo seria obtido com doses de fósforo de 63 a 81 kg ha⁻¹. Para determinação das doses que proporcionariam a máxima eficiência econômica (MEE), considerou-se o preço do quilograma de fósforo igual a R\$ 0,83 (R\$ 350,00 por tonelada) e o preço do quilograma de trigo igual a R\$ 0,15 (R\$ 150,00 por tonelada). Assim, estimou-se que a máxima eficiência econômica seria atingida com doses de 50 a 67 kg ha⁻¹ de fósforo. Examinando-se a recomendação atual para trigo, considerando-se a cultura como 2º cultivo, em solo

a 67 kg ha⁻¹ de fósforo. Examinando-se a recomendação atual para trigo, considerando-se a cultura como 2º cultivo, em solo da classe 1 (mais de 55 % de argila) e considerando-se o valor R para produtividade superior a 2 t ha⁻¹, conclui-se que as doses estimadas para obtenção da MEE são muito semelhantes às atualmente recomendadas (Sociedade..., 1995) e que foram estabelecidas em virtude de resultados obtidos no sistema convencional de preparo do solo. Tendo em vista os resultados aqui relatados e os apresentados por Lantmann et al. (1996), pode-se aceitar que, para áreas recentes sob sistema plantio direto, as recomendações atuais de fósforo são válidas, não havendo motivos para grandes preocupações. Para as condições de plantio direto consolidado, normalmente os solos apresentam teores de fósforo acima dos níveis críticos e, nesse caso, é preciso considerar os resultados apresentados na primeira parte deste trabalho.

Conclusões

1. Não se observou resposta a fósforo em solo com alto teor de P na camada 0-20 cm (13,5 mg dm⁻³) nas culturas de trigo, de soja, de aveia branca e de milho, independente do método de aplicação;

2. Em solo com teor médio de P, na camada 0-20 cm (4,3 mg dm⁻³), o trigo apresentou resposta ao fósforo aplicado a lanço e ao aplicado em linhas, destacando-se que a aplicação em linha foi mais eficiente. Soja e aveia branca responde-

do que a aplicação a lanço na produção de matéria seca de milho;

3. Não houve vantagem na alternância de métodos de aplicação de P entre as culturas de inverno (trigo e aveia) e de verão (soja e milho);

4. A resposta das culturas de soja e de trigo a fósforo indicou que as recomendações de fósforo elaboradas com resultados obtidos no sistema convencional de preparo de solo também são válidas para solos recentemente sob sistema plantio direto.

Referências Bibliográficas

- CORDEIRO, D.S.; PÖTTKER, D.; BORKERT, C.M.; SFREDO, G.J.; MESQUITA, A.N.; DITTRICH, R.C.; PALHANO, J.B. Efeito de níveis e fontes de fósforo na produção e no rendimento econômico da soja na região de Dourados (MS). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.3, n.2, p.100-105, 1979.
- ECKERT, D.J.; JOHNSON, J.W. Phosphorus fertilization in no-till corn production. *Agronomy Journal*, Madison, v.77, p.789-792, 1985.
- HALVORSON, A.D.; HAVLIN, J.L. No-till winter wheat response to phosphorus placement and rate. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v.56, p.1635-1639, 1992.
- LANTMANN, A.F.; ROESSING, A.C.; SFREDO, G.J.; OLIVEIRA, M.C.N. de. *Adubação fosfatada e potássica para a sucessão soja-trigo em Latossolo Roxo distrófico sob semeadura direta*. Londrina: Embrapa Soja, 1996. 44p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 15).

- LEIKAM, D.F.; MURPHY, L.S.; KISSEL, D.E.; WHITNEY, D.A.; MOSER, H.C. *Effects of nitrogen and phosphorus application method and nitrogen source on winter wheat grain yield and leaf tissue phosphorus. Soil Science Society of American Journal, Madison, v.47, p.530-535, 1983.*
- McCONNELL, S.G.; SANDER, D.H.; PETERSON, G.A. *Effect of fertilizer phosphorus placement depth on winter wheat yield. Soil Science Society of American Journal, Madison, v.50, p.148-153, 1986.*
- MODEL, N.S.; ANGHINONI, I. *Resposta do milho a modos de aplicação de adubos e técnicas de preparo do solo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v.16, p.55-59, 1992.*
- MUZILLI, O.; LANTMANN, A.F.; TORNERO, M.T. *Respostas do trigo a fósforo e potássio como base de interpretação das análises de solo para adubação da cultura no estado do Paraná. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.3, n.2, p.93-96, 1979.*
- SIQUEIRA, O.J.F. de; PERUZZO, G.; BEN, J.R. *Resposta do trigo à adubação fosfatada aplicada a lanço e em linha - Trigo, 1984-85. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). Resultados de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo apresentados na XIV Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo. Passo Fundo, 1986. p.237-244. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 8)*
- SIQUEIRA, O.J.F. de; PERUZZO, G.; BEN, J.R.; KOCHHANN, R.A. *Resposta do trigo à adubação fosfatada aplicada a lanço e em linha - rendimento de grãos, 1983. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo, RS). Resultados de pesquisa do Centro Nacional de Pesquisa de Trigo apresentados na XIII Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo. Passo Fundo, 1984. p.160-169. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 7)*

XIII Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo. Passo Fundo, 1984. p.160-169. (EMBRAPA-CNPT. Documentos, 7)

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Núcleo Regional Sul. Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC. Recomendações de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Passo Fundo, SBCS-NRS - Comissão de Fertilidade do Solo - RS/SC/EMBRAPA-CNPT, 1995. 223p.

STECKER, J.A.; SANDER, D.H.; ANDERSON, F.N.; PETERSON, G.A. Phosphorus fertilizer placement and tillage in a wheat-fallow cropping sequence. Soil Science Society of American Journal, Madison, v.52, p.1063-1068, 1988.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

VIDOR, C.; FREIRE, J.R.J. Relação de substituição entre calcário e fósforo aplicados ao solo na cultura da soja (Glycine max (L.) Merrill). Agronomia Sulriograndense, v.8, n.2, p.187-193, 1972.

WESTFALL, D.G.; WARD, J.M.; WOOD, C.W.; PETERSON, G.A. Placement of phosphorus for summerfallow dryland winter wheat production. Journal of Fertilities Issues, v.4, p.114-121, 1987.

WINKLER, H.; SFREDO, G.J. Efeito da calagem e da adubação fosfatada sobre a produção do trigo e a disponibilidade de fósforo em quatro unidades de solo no estado de Santa Catarina. Agronomia Sulriograndense, v.15, n.1, p.1-13, 1979.

Equipe Técnica Multidisciplinar da Embrapa Trigo

Chefe-Geral

Benami Bacaltchuk - Ph.D.

Chefe Adjunto de Administração

João Carlos Ignaczak - M.Sc.

Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

José Eloir Denardin - Dr.

Chefe Adjunto de Comunicação e Negócios

João Francisco Sartori - M.Sc.

<i>Nome</i>	<i>Gra- duação</i>	<i>Área de atuação</i>
<i>Agostinho Dirceu Didonet</i>	<i>Dr.</i>	<i>Fisiologia Vegetal</i>
<i>Amarilis Labes Barcellos</i>	<i>Dr.</i>	<i>Fitopatologia-Ferrugem da Folha</i>
<i>Ana Christina A. Zanatta</i>	<i>M.Sc.</i>	<i>Recursos Genéticos</i>
<i>Antônio Faganello</i>	<i>M.Sc.</i>	<i>Máquinas Agrícolas</i>
<i>Airton N. de Mesquita</i>	<i>M.Sc.</i>	<i>Fitotecnia</i>
<i>Arcenio Sattler</i>	<i>M.Sc.</i>	<i>Máquinas Agrícolas</i>
<i>Ariano Moraes Prestes</i>	<i>Ph.D.</i>	<i>Fitopatologia-Septorias</i>
<i>Armando Ferreira Filho</i>	<i>M.Sc.</i>	<i>Difusão de Tecnologia</i>
<i>Aroldo Gallon Linhares</i>	<i>M.Sc.</i>	<i>Tecnol. de Sementes, Recurs. Genéticos</i>
<i>Augusto Carlos Baier</i>	<i>Dr.</i>	<i>Melhoramento de Plantas-Triticale</i>
<i>Cantídio N.A. de Sousa</i>	<i>M.Sc.</i>	<i>Melhoramento de Plantas-Trigo</i>
<i>Claudio Brondani</i>	<i>M.Sc.</i>	<i>Biotecnologia</i>
<i>Dirceu Neri Gassen</i>	<i>M.Sc.</i>	<i>Entomologia</i>
<i>Delmar Pöttker</i>	<i>Ph.D.</i>	<i>Fertilidade do Solo/Nutrição de Plantas</i>
<i>Edson Clodoveu Picinini</i>	<i>M.Sc.</i>	<i>Fitopatologia-Controle Quím. Doenças</i>
<i>Edson J. Iorczeski</i>	<i>Ph.D.</i>	<i>Melhoramento de Plantas</i>
<i>Eliana Maria Guarienti*</i>	<i>M.Sc.</i>	<i>Tecnologia de Alimentos</i>
<i>Emídio Rizzo Bonato</i>	<i>Dr.</i>	<i>Melhoramento de Plantas-Soja</i>
<i>Erivelton Scherer Roman</i>	<i>Ph.D.</i>	<i>Ecologia de Plantas Daninhas</i>
<i>Euclides Minella</i>	<i>Ph.D.</i>	<i>Melhoramento de Plantas-Cevada</i>

Nome	Gradação	Área de atuação
Gabriela E.L. Tonet	Dr.	Entomologia-Pragas de Soja/de Trigo
Geraldino Peruzzo	M.Sc.	Fertilidade do Solo/Nutrição de Plantas
Gerardo Arias	Ph.D.	Melhoramento de Plantas-Cevada
Gilberto Bevilaqua	Ph.D.	Técnico de Nível Superior-Sementes
Gilberto Omar Tomm	Ph.D.	Culturas Alternativas-Ciclagem de N
Gilberto Rocca da Cunha	Dr.	Agrometeorologia
Henrique P. dos Santos	Dr.	Manejo e Rotação de Culturas
Irineu Lorini	Ph.D.	Entomologia-Pragas de Grãos Armaz.
Ivo Ambrosi	M.Sc.	Economia Rural
Jaime Ricardo T. Maluf	M.Sc.	Agrometeorologia
João Carlos Haas	M.Sc.	Biotecnologia
João Carlos S. Moreira	M.Sc.	Fitotecnia
José Antônio Portella	Dr.	Máquinas Agrícolas
José M.C. Fernandes	Ph.D.	Fitopatologia
José Roberto Salvadori	Dr.	Entomologia-Pragas Trigo, Feijão e Milho
Julio Cesar B. Lhamby	Dr.	Rotação Culturas-Contr. Plantas Daninhas
Leila Maria Costamilan	M.Sc.	Fitopatologia-Doenças de Soja
Leo de Jesus A. Del Duca	Dr.	Melhoramento de Plantas-Trigo
Luiz Ricardo Pereira	Dr.	Melhoramento de Plantas-Milho
Márcio Só e Silva	M.Sc.	Fitotecnia
Marcio Voss	Dr.	Microbiologia do Solo
Maria Imaculada P.M. Lima	M.Sc.	Fitopatologia
Maria Irene B.M. Fernandes	Dra.	Biologia Celular
Martha Z. de Miranda	M.Sc.	Tecnologia de Alimentos
Osmar Rodrigues	M.Sc.	Fisiologia Vegetal
Paulo F. Bertagnolli	Dr.	Melhoramento de Plantas-Soja
Pedro Luiz Scheeren	Dr.	Melhoramento de Plantas-Trigo
Rainoldo A. Kochhann	Ph.D.	Manejo e Conservação de Solo
Renato Serena Fontaneli*	M.Sc.	Fitotecnia-FORAGEIRAS
Roque G.A. Tomasini	M.Sc.	Economia Rural
Sandra Patussi Brammer	M.Sc.	Biotecnologia
Sírio Wiethölter	Ph.D.	Fertilidade do Solo/Nutrição de Plantas
Wilmar Cório da Luz	Ph.D.	Fitopatologia

* Em curso de Pós-Graduação.

**MINISTÉRIO
DA AGRICULTURA
E DO ABASTECIMENTO**



***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Trigo***
*Rodovia BR 285, km 174 - Caixa Postal 451
99001-970 Passo Fundo, RS*
Fone: OXX 54 311 3444, Fax: OXX 54 311 3617
e-mail: sac@cnpt.embrapa.br
site: <http://www.cnpt.embrapa.br>
Ministério da Agricultura e do Abastecimento